

Miika Knuutti

## **PAARRETARTTUJAN KEHITYSSUUNNITTELU**

## **PAARRETARTTUJAN KEHITYSSUUNNITTELU**

Miika Knuutti  
Opinnäytetyö  
Syksy 2014  
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma  
Oulun ammattikorkeakoulu

# TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu  
Kone- ja tuotantotekniikka, energiatekniikka

---

Tekijä: Miika Knuutti

Opinnäytetyön nimi: Paarretarttujan kehityssuunnittelu

Työn ohjaaja: Pentti Huhtanen

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: syksy 2014

Sivumäärä: 34 + 2 liitettä

---

Opinnäytetyössä suunniteltiin automatisoituun kattoristikoiden kokoonpanolinjaan kuuluva paarretarttuja. Laite sijoittuu linjalla kokoonpanoseinälle, jossa sen tehtävänä on toimia asetteena ristikoiden paarteille kokoonpanon aikana. Laitteen suunnittelu tehtiin kehitystyönä nykyisin käytössä olevan tarttujan pohjalta. Työn toimeksiantajana oli Kempeleessä toimiva Autoprod Oy.

Työn tavoitteena oli suunnitella ja mallintaa tarttujan kehitysversio, joka täyttää sille asetetut kehitystavoitteet ja muut toiminnalliset vaatimukset, sekä tehdä valmiista mallista myös tarvittavat valmistuspiirustukset. Laitteen valmistus ja testaus rajattiin työn ulkopuolelle. Tarttujan kehitystavoitteina olivat laitteen rakenteen kompaktisointi ja seinäkiinnityksen anturoinnin kehittäminen sekä pneumaattisten toimilaitteiden ohjausventtiilien integrointi laitteen kokoonpanoon.

Suunnittelutyö tehtiin pääosin Autoprod Oy:n tiloissa, joissa on myös kehityskäyttöön tarkoitettu kokoonpanolinjan prototyyppi. Suunnittelu aloitettiin perehtymällä linjan toimintaan ja nykyiseen tarttujaan sekä sen tehtävään ristikon kokoonpanossa ja sille asetettuihin kehitystavoitteisiin. Lisäksi selvitettiin kattoristikoiden ominaispiirteet, erityisesti laitteella käsiteltävien kappaleiden eli paarteiden ominaisuudet.

Lähtökohtien selvittämisen jälkeen aloitettiin varsinainen suunnitteluvaihe, joka eteni tarttujan rakenteen ja mekaniikan ideoinnista ja luonnostelusta parhaiksi valikoituneiden ratkaisuiden jatkekehitykseen ja tarvittavien komponenttien valintaan sekä lopulta yksityiskohtien suunnitteluun. Suunnittelutyökaluna käytettiin Inventor 2012 -ohjelmaa. Suunnitelman hyväksymisen jälkeen laitteesta tehtiin kokoonpano- ja osapiirustukset sekä muu tarvittava dokumentaatio.

Tarttujan lopullinen malli todettiin teoreettisesti täysin toimivaksi ja kehitystavoitteet täyttäväksi ratkaisuksi. Työn lopputuloksena saatiin siis toteutuskelpoinen suunnitelma paarretarttujan kehitysversiosta, jonka prototyypin yritys voi myöhemmin valmistaa.

---

Asiasanat: tekninen suunnittelu, mekaniikka, pneumatiikka, robotiikka

## **ALKULAUSE**

Haluan kiittää Autoprod Oy:tä mielenkiintoisen opinnäytetyön tarjoamisesta ja mahdollisuudesta oppia käytännön työskentelyä laitesuunnitteluprojektissa. Eri-tyiskiitokset kuuluvat yrityksen mekaniikkasuunnittelijoille Matti Ylitalolle opastuksesta työn eri vaiheissa ja Esa Kettuselle suunnitteluteknisestä avustuksesta.

Lisäksi kiitän Oulun ammattikorkeakoulun opettajaa Pentti Huhtasta ja lehtori Tuija Juntusta raportoinnin ohjaamisesta ja kaikesta muusta opinnäytetyöhön liittyneestä neuvonannosta.

Oulussa 9.12.2014

Miika Knuutti

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ALKULAUSE	4
SISÄLLYS	5
1 JOHDANTO	6
1.1 Autoprod Oy	6
1.2 Työn tavoitteet	6
2 TARRAINTYYPIT	7
3 SUUNNITTELUTYÖN LÄHTÖKOHDAT	10
3.1 Paarretarttujen käyttö kokoonpanolinjalla	10
3.2 Tarttujan kehitystavoitteet	11
3.3 Tarttujan toiminnalliset ja rakenteelliset vaatimukset	12
4 PAARRETARTTUJAN SUUNNITTELU	13
4.1 Ideointi ja luonnostelu	13
4.2 Kehittely ja viimeistely	14
5 TARTTUJAN LOPULLINEN RAKENNE	15
5.1 Tartuntaosa	15
5.2 Timmausmekanismi	16
5.3 Laitteen muu rakenne	17
6 TARTTUJAN KOMPONENTIT	19
6.1 Valmistettavat komponentit	19
6.2 Pneumatiikkajärjestelmä	19
6.3 Seinäkiinnitysjärjestelmä	20
6.4 Laitteen muut komponentit	20
7 TARTUNTA- JA TIMMAUSVOIMAN MÄÄRITTÄMINEN	21
7.1 Tartuntavoima	21
7.2 Timmausvoima	24
8 YHTEENVETO	31
LÄHTEET	33
LIITTEET	
Liite 1 Lähtötietomuistio	
Liite 2 Piirustusluettelo	

# 1 JOHDANTO

Opinnäytetyössä suunnitellaan automatisoituun kattoristikoiden kokoonpanolinjaan kuuluva paarretarttuja. Laite sijoittuu linjalla kokoonpanoseinälle, jossa sen tehtävänä on toimia asetteena ristikoiden paarteille niiden kokoonpanovaiheessa. Laitteen suunnittelu tehdään kehitystyönä nykyisin käytössä olevan tarttujan pohjalta. Työ tehdään Kempeleessä toimivalle Autoprod Oy:lle. (Liite 1.)

## 1.1 Autoprod Oy

Autoprod Oy on vuonna 2005 perustettu suomalainen teknologia-alan yritys, jonka liiketoimintana on puuristikkorakenteiden kokoonpanolinjojen kehittäminen ja valmistaminen sekä myynti. Yrityksen toimenkuvaan kuuluvat myös linjojen asennus-, ylläpito- ja huoltotyöt. (1.)

Autoprod Oy:n kehittämät kokoonpanolinjat perustuvat patentoituun tekniikkaan. Linjat toimivat CAD/CAM-periaatteella, jolloin ristikoiden suunnittelutietoa hyödynnetään kokoonpanoprosessin ohjaukseen. Modulaarisen rakenteen ansiosta linjan tuotantokapasiteetti voidaan sovittaa asiakkaan tarpeiden mukaisesti. (1, linkki Tuotteet.)

## 1.2 Työn tavoitteet

Paarretarttujan kehityssuunnittelun keskeisimpänä tavoitteena on laitteen rakenteen kompaktisointi, jonka avulla pyritään nopeuttamaan kokoonpanoprosessin läpimenoaikaa. Lisäksi tavoitteena on kehittää tarttujan seinäkiinnityksen anturointia ja integroida pneumaattisten toimilaitteiden ohjausventtiilit laitteen kokoonpanoon.

Kokonaisuudessaan työhön kuuluu tarttujan rakenteen ja mekaniikan suunnittelu, mukaan lukien tarvittavien komponenttien valitseminen sekä laitteen mallintaminen ja valmistuspiirustusten tekeminen. Suunnittelutyökaluna käytetään Autodeskin Inventor 2012 -ohjelmaa. Laitteen valmistuspiirustuksia ei julkaista tässä raportissa, koska ne ovat tarkoitettu vain Autoprod Oy:n käyttöön.

## 2 TARRAINTYYPIT

Tarraimet ovat yleisiä työkaluja robotti- ja manipulaattorisovelluksissa sekä muissa kappaleenkäsittelytehtävissä. Tarraimen suunnittelu ja valinta edellyttävät tuntemusta erilaisista tarraintyypeistä ja tartuntatavoista. Tarraimet voidaan jakaa toimintaperiaatteen tai rakenteen mukaan seuraavanlaisiin ryhmiin:

- mekaaniset tarraimet
- alipainetarraimet
- magneettitarraimet
- erikoistarraimet
- vakiotarraimet. (2, s. 60–64; 3, s. 97.)

Mekaanisissa tarraimissa tartuntasormien liikkeet toteutetaan erilaisilla mekanismeilla. Näitä ovat muun muassa nivelmekanismit, hammaspyörä ja hammas-tanko, epäkesko, ruuvi ja vaijeriväkipyörä. Myös mekanismien yhdistelmiä käytetään. Mekaanisen tarraimen voimanlähteenä on toimilaite, kuten hydraulinen tai paineilmatoiminen sylinteri, tai sähkömoottori. (2, s. 60–63.)

Alipainetarraimia (kuva 1) käytetään sovelluksissa, joissa mekaanisen tarraimen käyttö on ongelmallista. Alipainetarraimessa tartuntaelimenä on imukuppi. Alipaineen tuottamiseen käytetään yleensä ejektoria tai alipainepumppua. Alipainetartunnassa on ominaista, että työkappaleeseen tartutaan yleensä vain yhdeltä suunnalta. Tartuntapinnan täytyy olla riittävän sileä ja puhdas, jotta imukuppi saa siitä otteen. Tartuntavoimaa voidaan kasvattaa lisäämällä imukuppeja. Huonona puolena on, ettei imukuppi kestä suuria tartuntapinnan suuntaisia sivuttaisvoimia. Lisäksi alipaineen katoaminen aiheuttaa työkappaleen irtoamisen. Imukupin etuina puolestaan ovat yksikertainen rakenne ja soveltuvuus puhdastiloihin. Kumi- tai muovipintainen imukuppi ei myöskään helposti naarmuta työkappaletta ja lisäksi se toimii myös joustoelementtinä. (2, s. 63–64.)



*KUVA 1. Robottiin kytketty alipainetarrain (4)*

Magneettitarrain (kuva 2) soveltuu käytettäväksi vain magneettisille työkappaleille. Tartuntapinnan täytyy olla myös riittävän tasainen, koska magneetin vetovoima pienenee nopeasti ilmaraon kasvaessa. Muita vetovoimaan vaikuttavia tekijöitä ovat kappaleen muoto ja materiaali sekä magneetin lämpötila. Kestomagneetilla toteutettu tarrain vaatii työkappaleen irrotuslaitteen. Sähkömagneetissa magneettikentän suunta voidaan kääntää, jolloin kappaleen irrotus nopeutuu. Sähkömagneetin ominaisuutena on myös lämpeneminen käytön aikana, joka on syytä huomioida työkierron suunnittelussa. (2, s. 64.)



*KUVA 2. Magneettitarrain pneumaattisella ohjauksella (5)*



Erikoistarraimessa (kuva 3) tartuntaelimenä voi olla esimerkiksi työkappaleen ympärille muotoutuva elementti, jota muokataan paineen tai magneettikentän avulla. Tartunta voi olla toteutettu myös erilaisilla adheesiomekanismeilla, kuten liimalla. (2, s. 64.)



*KUVA 3. Erikoistarrain (6)*

Vakiotarraimet (kuva 4) ovat laitevalmistajien tarjoamia standarditarraimia, joita löytyy muun muassa robottien ja pneumatiikkakomponenttien valmistajien tuotevalikoimasta. Vakiotarrainta ei useinkaan voida käyttää sellaisenaan, vaan yleensä sitä joudutaan muokkaamaan sovelluskohtaisesti. Vähimmillään tämä tarkoittaa tartuntasormien uudelleenmuotoilua työkappaleeseen sopivaksi. (2, s. 64; 3, s. 97.)

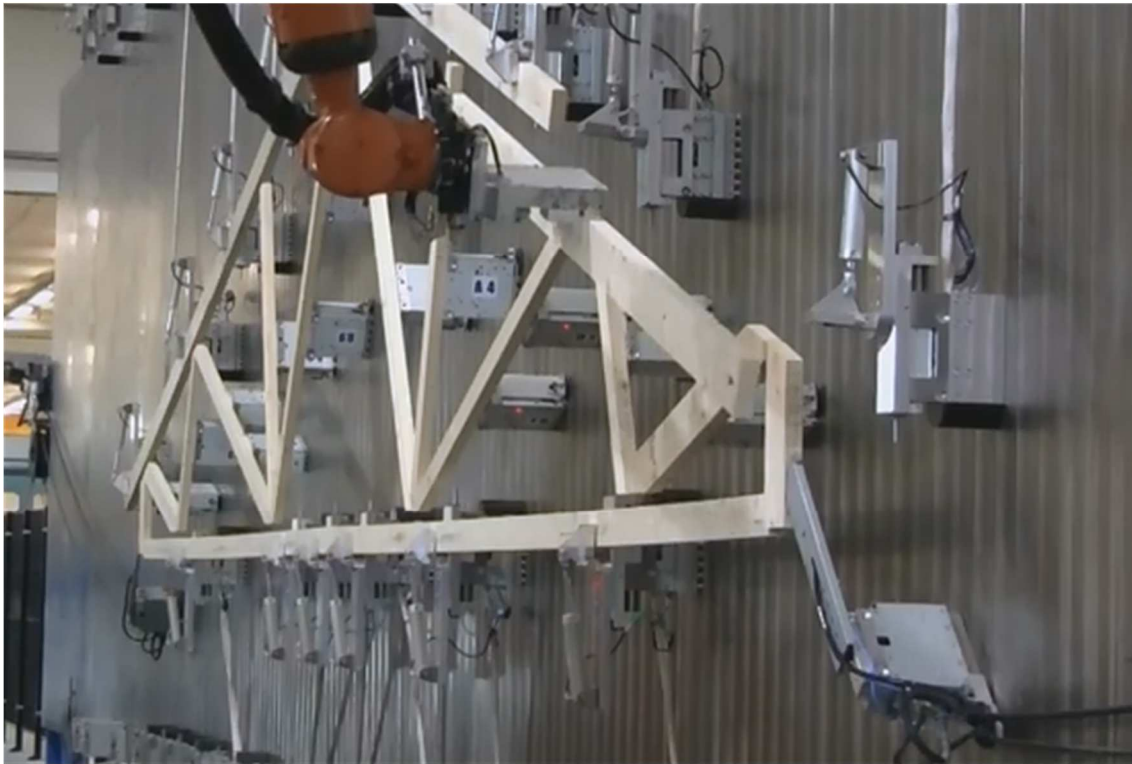


*KUVA 4. Pneumaattinen kaksisorminen vakiotarrain (7)*

### 3 SUUNNITTELUTYÖN LÄHTÖKOHDAT

#### 3.1 Paarretarttujen käyttö kokoonpanolinjalla

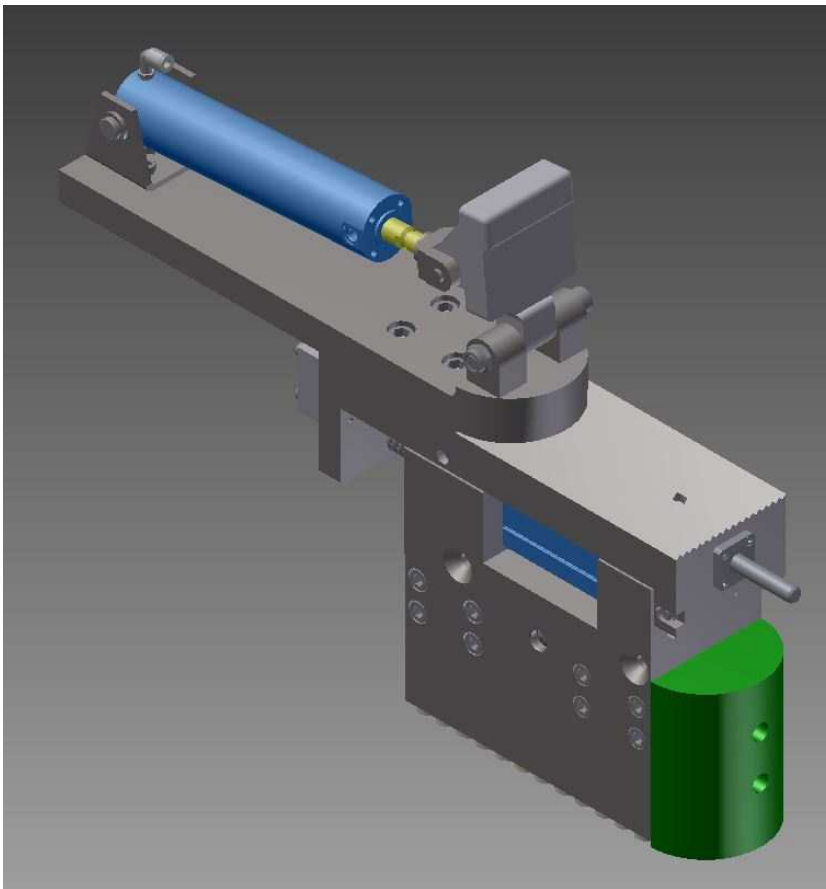
Ristikoiden kokoonpano tehdään kuvassa 5 näkyvällä pystysuoralla kokoonpanoseinällä, jossa paarretarttuvia käytetään asetteena ristikon paarteille. Tarttumat asetellaan seinälle robottiin kytketyn työkalun avulla ja ne kiinnittyvät siihen magneettisesti. Prosessissa käytettävien tarttujen määrä riippuu valmistettavan ristikon tyypistä ja koosta. Ristikon pysty- ja vinosauvojen tuentaan käytetään erityyppisiä tarttuvia.



*KUVA 5. Ristikon valmistaminen kokoonpanolinjalla (8)*

Paarretarttujassa on kaksi eriaikaisesti suoritettavaa päätoimintoa. Ensimmäinen on tarttuminen paarteeseen sen jälkeen, kun robotti on asettanut sen tarttujan tukipintoja vasten. Kuvassa 5 näkyy, kuinka robotti on tuomassa yläpaarteen osaa. Tartunnan jälkeen paarteiden syrjät jäävät noin 50 mm:n etäisyydelle sauvojen päädyistä. Toisella toiminnolla tämä välys poistetaan, eli paarteet ajetaan sauvoja vasten. Tätä liikettä kutsutaan timmausliikkeeksi.

Kuvasta 6 nähdään 3D-malli nykyisestä paarretarttujasta, joka toimii lähtökoh-  
tana laitteen kehitysversion suunnittelulle. Sen tartuntamekanismi muodostuu ta-  
sopinnasta ja kaarevasta vasteesta sekä nivelöidystä läpistä, jota käytetään pai-  
neilmatoimisella sylinterillä. Timmausmekanismin toimilaitteena on myös paineil-  
masyylinteri, joka liikuttaa tartuntaosaa johteiden varassa. Seinäkiinnitys tapahtuu  
sähkömagneetin ja pienten kestopagneettien avulla. Laitteen energiansyöttö on  
toteutettu rungon takaosaan kiinnitetyn kaapelin välityksellä (kuva 5).



*KUVA 6. Nykyinen paarretarttuja*

### **3.2 Tarttujan kehitystavoitteet**

Tarttujan kehitysversiosta on tavoitteena suunnitella rakenteeltaan nykyistä tart-  
tujaa lyhyempi ja mahdollisuuksien mukaan myös kapeampi, kuitenkin niin, että  
toiminnalliset ominaisuudet säilyvät. Tarttujan seinäkiinnitysjärjestelmään vali-  
taan ja lisätään uutena ominaisuutena tunnistin, jolla seinäkontakti voidaan tun-  
nistaa. Lisäksi tarttujan toimilaitteille valitaan tarvittaessa uudet ohjausventtiilit,  
jotka integroidaan laitteen kokoonpanoon.

### 3.3 Tarttujan toiminnalliset ja rakenteelliset vaatimukset

Tarttujan suunnittelussa huomioitavia tekijöitä kehitystavoitteiden lisäksi ovat työkappaleiden ja kokoonpanoprosessin asettamat vaatimukset. Tartuntamekanismin vaatimuksena on, että sillä voidaan tarttua kaikenkokoisiin ristikkorakenteissa yleisesti käytettäviin paarteisiin. Rajoiksi määritettiin paarrekoot 42 mm x 73 mm–48 mm x 248 mm. Lisäksi tartuntaosan rakenteen täytyy olla sellainen, että paarteen kokoonpanoseinänpuolimmainen sivu asettuu 240 mm:n etäisyydelle seinästä. Timmausmekanismille vaatimuksena on vähintään 50 mm:n liikevara. Tartunta- ja timmausvoima on tavoitteena mitoittaa suunnilleen yhtä suureksi kuin ne ovat nykyisessä tarttujassa.

Myös seinäkiinnitysvoiman täytyy olla riittävä, jotta tarttuja pystyy kannattelemaan oman painonsa ja vastaanottamaan muut siihen kohdistuvat kuormitukset. Lisäksi tarttujan rungossa täytyy olla tartuntapisteet robotin asetetyökalulle. Rungon leveys saa olla enintään 100 mm tartuntapisteiden kohdalta.

## 4 PAARRETARTTUJAN SUUNNITTELU

### 4.1 Ideointi ja luonnostelu

Tarttujan suunnittelu aloitettiin laitteen päätoimintojen, eli tartunta- ja timmausmekanismin suunnittelulla. Laitteen kompaktin rakenteen vuoksi tilaa mekanismeille ja muille komponenteille oli hyvin rajallisesti käytettävissä, joten myös laitteen muuta rakennetta jouduttiin suunnittelemaan osittain samanaikaisesti.

Ensimmäiseksi luonnosteltiin tarttujan runkorakennetta yksinkertaisesti, jotta hahmotettiin tila, johon komponentit täytyi saada mahtumaan. Tämän jälkeen toimintamekanismeista alettiin ideoimaan ja luonnostelemaan erilaisia toteutusvaihtoehtoja sekä etsimään niihin sopivia toimilaitteita.

Ideoinnin pohjalta tartuntamekanismiksi syntyi muutamia erilaisia nivelmekanismeilla toimivia tarrainrakenteita, joiden tartuntaelimenä oli sormet tai läppä ja toimilaitteena paineilmasyylinteri. Mekanismin toimintaa sitten simuloitiin ja analysoitiin, millä rakenteella saataisiin halutunlaiset tartuntaominaisuudet ja mikä olisi mahdollista sovittaa laitteen kokoonpanoon.

Myös mekaanisen vakiotarraimen ja imukupin käyttöä pohdittiin. Vakiotarraimien toiminnallisten ominaisuuksien ja suhteellisen suuren koon vuoksi ratkaisu ja sen toteuttaminen todettiin kuitenkin liian ongelmalliseksi. Imukupin ongelmana puolestaan on tartunnan huono luotettavuus, koska imukupin kohdalle saattaisi osua oksa tai särö, joka pahimmassa tapauksessa aiheuttaisi alipaineen katoamisen ja paarteen irtoamisen. Tämän vuoksi myös imukupin käyttäminen poissuljettiin.

Timmausmekanismista luonnosteltiin myös joitain erilaisia vaihtoehtoja, joiden toimintaperiaatteena oli, että tartuntaosaa liikutettaisiin johteiden varassa joko suoratoimisesti paineilmasyylinterillä tai jonkinlaisen nivelmekanismin välityksellä. Muilta osin ratkaisuiden erot olivat lähinnä johteiden tyypissä ja niiden sijainnissa laitteen rakenteessa.

Ideoiden vertailun tuloksena tartuntamekanismiksi valikoitui lopulta yksinkertainen nivelmekanismi ja timmausmekanismiksi suoratoiminen mekanismi. Kun mekanismien rakenteet olivat pääpiirteittäin selvillä, alettiin suunnittelemaan laitteen seinäkiinnitysjärjestelmää etsimällä siihen sopivia magneetteja ja muita komponentteja. Tässä vaiheessa myös laitteen runkorakennetta alettiin luonnostelemaan tarkemmin. Näin laitteen lopullinen ulkomuoto alkoi hiljalleen hahmottumaan.

## **4.2 Kehittely ja viimeistely**

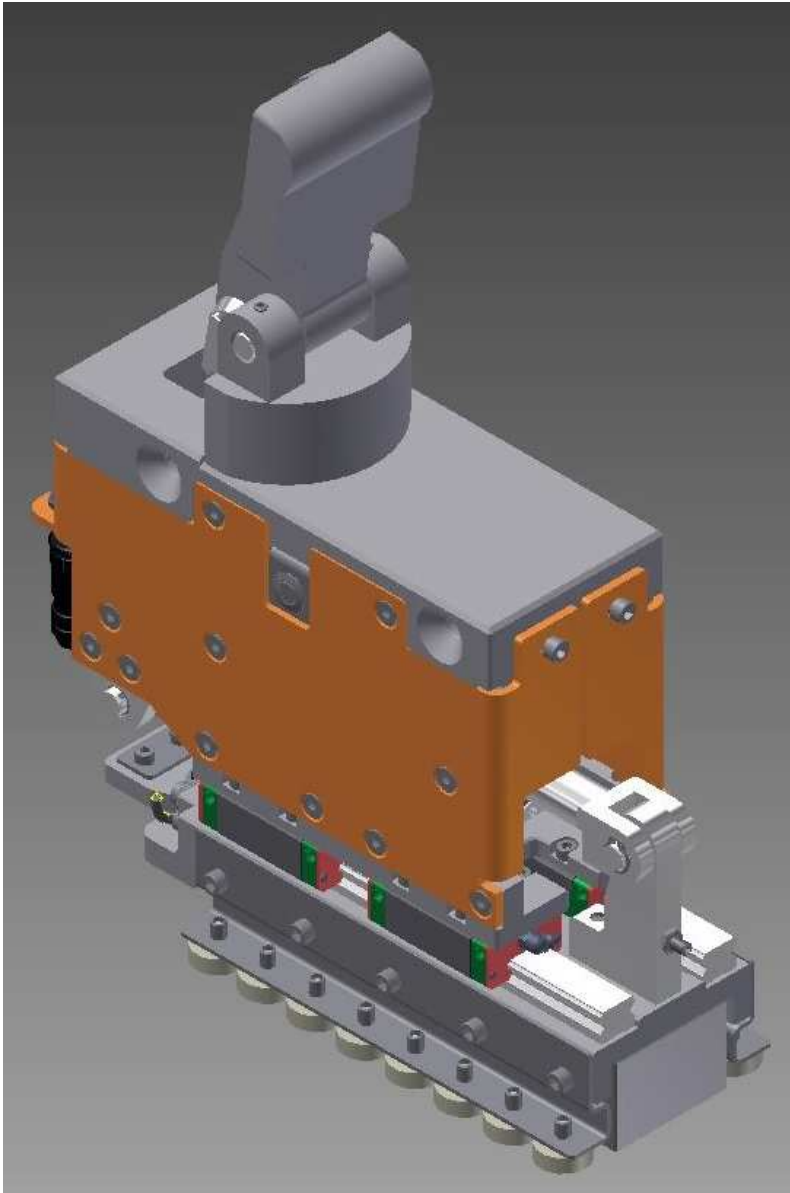
Kehittelyvaiheessa suunniteltiin laitteen rakenne kauttaaltaan yksityiskohtaisemmin, jolloin valittiin myös komponenttien valmistusmateriaalit ja lopulliset toimilaitteet sekä muut vakiokomponentit. Tartunta- ja timmausmekanismin osalta varmistettiin myös riittävä voimantuotto.

Valmistettavien komponenttien suunnittelussa tavoitteina oli mahdollistaa laitteen helppo kokoonpantavuus ja minimoida laitteen paino, kuitenkin niin, että rakenne olisi riittävän tukeva. Koska kokoonpanolinjaan kuuluu useita tarttujia, täytyi huomiota kiinnittää myös laitteen valmistuskustannuksiin. Komponenttien valmistusmenetelmät ja -materiaalit pyrittiinkin valitsemaan niin, että niitä voitaisiin valmistaa suurempia määriä hyvällä kustannustehokkuudella.

Viimeistelyvaiheessa suunnitelman hyväksymisen jälkeen tarttujan valmiista mallista tehtiin kokoonpano- ja osapiirustukset sekä muu tarvittava dokumentaatio. Laitteen valmistus ja testaus rajattiin työ ulkopuolelle.

## 5 TARTTUJAN LOPULLINEN RAKENNE

Paarretarttujan kehitysversion valmis malli on esitetty kuvassa 7. Seuraavassa on tarkempi kuvaus laitteen rakenteesta ja toiminnoista.

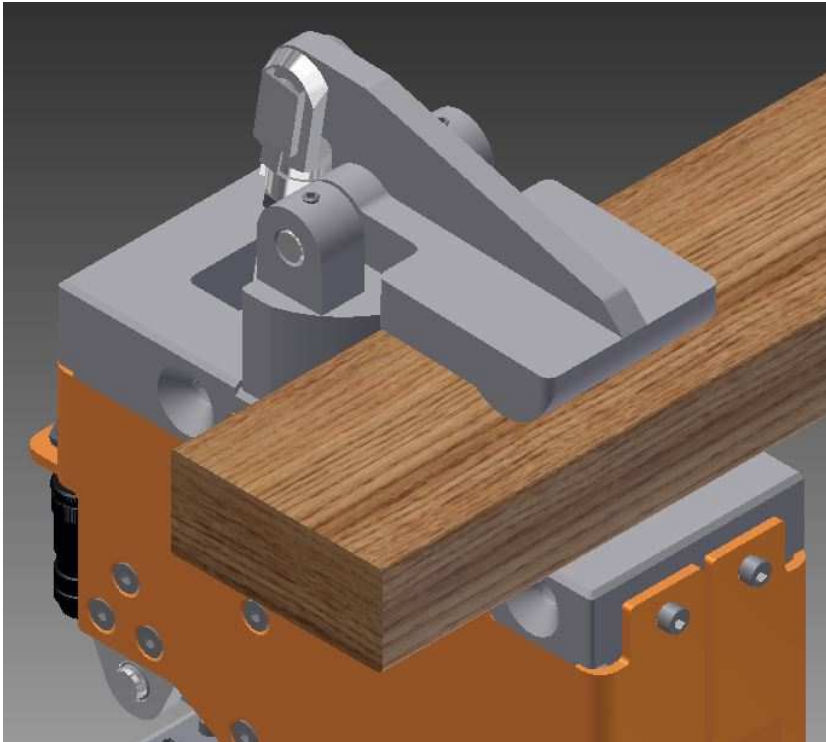


*KUVA 7. Paarretarttujan kehitysversio*

### 5.1 Tartuntaosa

Laitteen tartuntaosan suunnittelussa päädyttiin samankaltaiseen ratkaisuun kuin nykyisessäkin tarttujassa. Siinä tartuntamekanismi muodostuu tasopinnasta ja kaarevasta vasteesta sekä siihen nivelöidystä läpistä, jolla paarretta pidetään

kiinni näitä tukipintoja vasten. Lämpän toimilaitteena on paineilmasyylinteri, jonka takapää on nivelöity laitteen sivupelleissä oleviin korvakkeisiin. Lämpän avautumiskulma on noin  $90^\circ$  ja tartuntavoima noin 500 N. Mekanismin toimintaperiaatetta on havainnollistettu kuvassa 8.



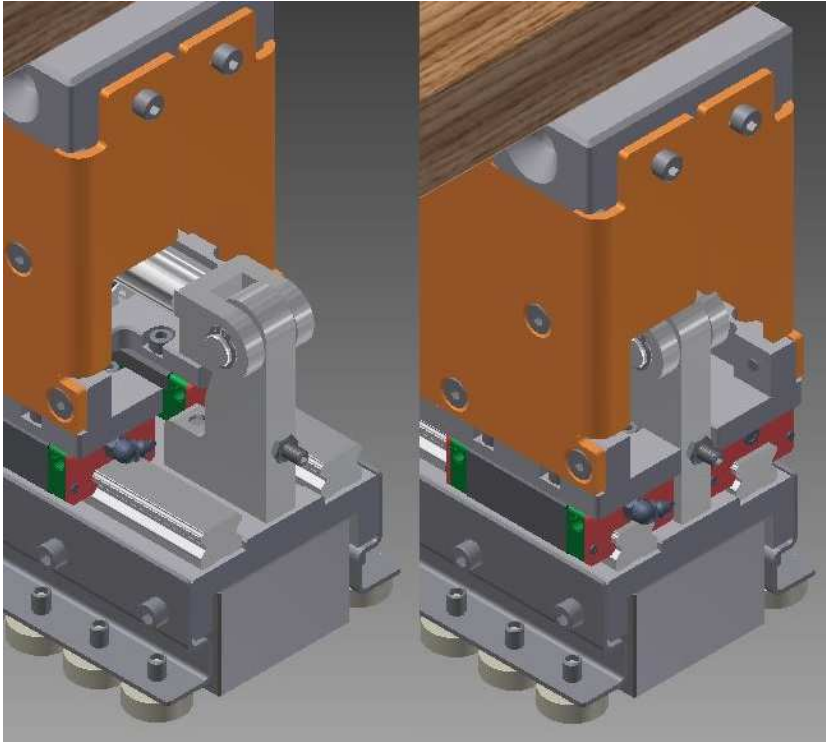
*KUVA 8. Tartuntamekanismin toimintaperiaate*

Kyseiseen rakenteeseen päädyttiin, koska sillä voidaan tarttua laajalti erikokoisiin paarteisiin. Lisäksi siinä oleva kaareva vastinpinta mahdollistaa paarteen asettamisen vinosti laitteen runkoon nähden, mikä on välttämätöntä kokoonpanoprosessin kannalta. Mekanismin yksinkertaisen rakenteen ansiosta sen vikaantumismahdollisuus on myös vähäinen.

## **5.2 Timmausmekanismi**

Tartuntaosan timmausliike on toteutettu suoratoimisella mekanismilla, jonka toimintaperiaate nähdään kuvasta 9. Mekanismin toimilaitteena on paineilmasyylinteri, jolla tartuntaosaa liikutetaan lineaarijohteiden varassa. Mekanismin liikevara on 50 mm ja tarvittaessa sitä voidaan säätää pienemmäksi haarukkanivelen vastakappaleessa olevalla säätöruuvilla. Timmausliikkeen suunnasta riippuen mekanismilla saavutettava voima on noin 1 990–2 210 N.

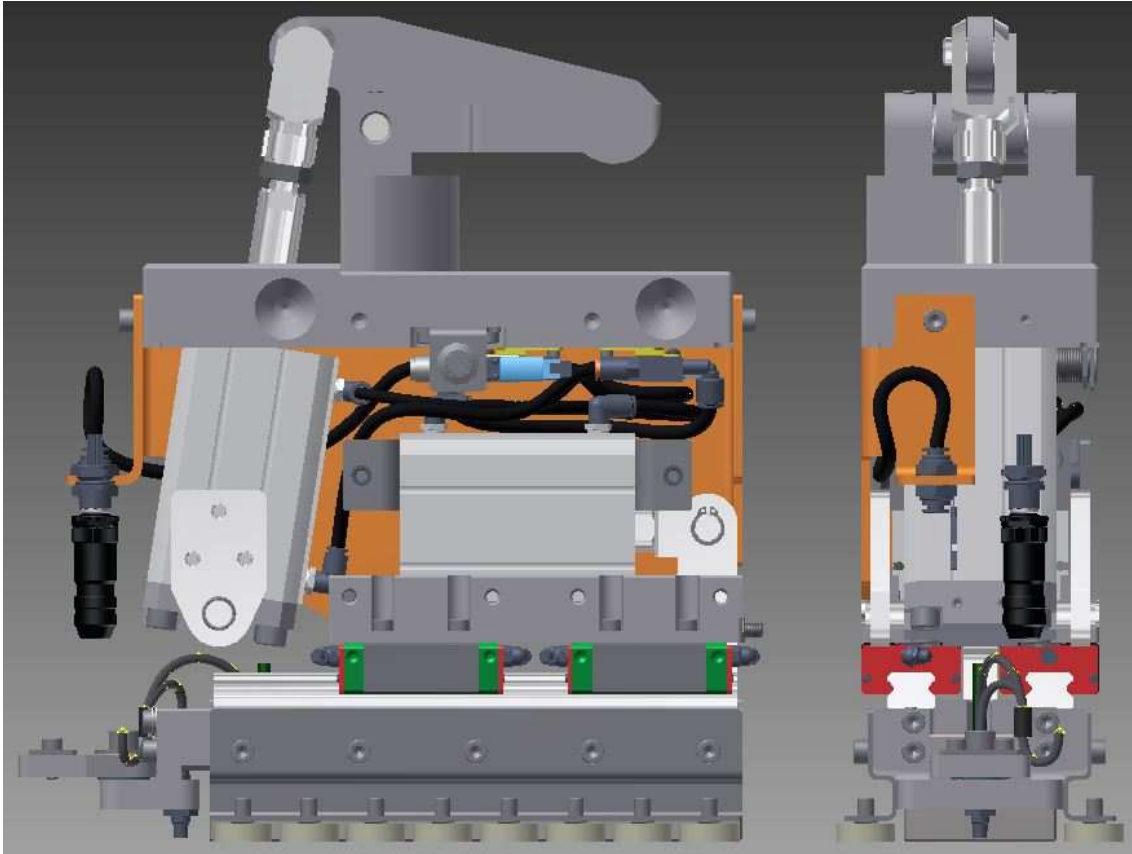




*KUVA 9. Timmausmekanismin toimintaperiaate*

### **5.3 Laitteen muu rakenne**

Tarttujan rakenne ja komponenttien sijoittelu nähdään tarkemmin kuvasta 10. Tartuntaosan tasopinta ja sivupellit sekä johdekelkkojen ja -kiskojen kiinnitysalustat muodostavat laitteen runkorakenteen. Sivupelteihin kiinnitetyt timmaussylinterin laippakiinnikkeet toimivat samalla rakennetta jäykistävinä elementteinä.



*KUVA 10. Tarttujan kokoonpano*

Toimilaitteiden suuntaventtiilit ovat kiinnitetty tason alapintaan. Uutena ominaisuutena tarttujaan lisättiin myös energiansyöttökaapelin kääntävä kiinnityskorvake. Korvakkeen yläpuolella on liittimet laitteen paineilman- ja virransyötölle.

Seinäkiinnitysjärjestelmän pääkomponentit ovat sähkömagneetti ja pienet kesto-magneetit. Sähkömagneetti kytketään pois päältä silloin, kun robotti irrottaa tarttujan seinältä. Magneettia ohjataan tasoon kiinnitetyllä kytkimellä, jota painetaan robotin asetetyökalussa olevalla toimilaitteella. Työkalun tartuntapisteet ovat koneistettu tason sivuille. Sähkömagneetin aktivoitumistieto saadaan sen sisäiseltä reed-kytkimeltä. Seinäkontaktin tunnistamista varten tarttujaan lisättiin induktiivisen lähestymistunnistin, joka on sijoitettu laitteen takapäähän, sähkömagneetin läheisyyteen. Tarttujan kokoonpanon massa on noin 20 kg.

## **6 TARTTUJAN KOMPONENTIT**

### **6.1 Valmistettavat komponentit**

Liitteenä 2 on piirustusluettelo tarttujan pää- ja osakokoonpanoista ja niiden valmistettavista komponenteista. Suurin osa komponenteista valmistetaan pääasiassa koneistamalla erityyppisistä aihioista.

Teräksestä koneistamalla valmistettavia komponentteja ovat jäljempänä mainittujen lisäksi sylinterin korvakkeet, haarukkakytkin ja timmausvastin. Näiden komponenttien valmistusmateriaalina on S355J2-rakenneteräs. Komponentit pintakäsitellään sähkösinkityksellä. Läpän ja sylinterikiinnikkeen akselit sekä haarukkakytkimen tappi valmistetaan halkaisijaltaan 12 mm:n pyörötangosta, jonka toleranssi on h9. Aihion materiaali on S355J2C+C-kylmävedetty rakenneteräs.

Sivupellit valmistetaan särmäämällä ohutlevyleikkeestä, jonka vahvuus on 4 mm ja materiaali S355J2. Kyseiset komponentit pintakäsitellään maalaamalla. Sylinterikiinnikkeiden rungot valmistetaan valmiiksi sähkösinkitystä DC01+ZE 25/25 APC -ohutlevystä, jonka vahvuus on myös 4 mm. Painikkeen kiinnitin, kiinnitysalusta ja aluslevy valmistetaan tästä samasta materiaalista, mutta levyn vahvuus on 2 mm.

Muut komponentit valmistetaan EN AW-6082 -alumiiniseoksesta koneistamalla. Kaikki alumiinikomponentit pintakäsitellään anodisoinnilla.

### **6.2 Pneumatiikkajärjestelmä**

Kaikki pneumatiikkajärjestelmän komponentit valittiin SMC:n tuotevalikoimasta. Tartunta- ja timmausmekanismin toimilaitteiksi valittiin C55-sarjan kaksitoimiset kompaktisylinterit, tyypiltään CD55B50-60M ja CD55B63-50. Molemmat sylinterit ovat varustettu magneettimännällä. Sylintereiden asentotunnistimiksi valittiin D-M9PWL -indikaattoritunnistimet. Läpän sylinterin männänvarren kiinnikkeenä on GKM12-24 -haarukkanivel, muut sylinterikiinnikkeet ovat omasuunnitteiset. Toimilaitteiden ohjausventtiileiksi valittiin kompaktit SY3120-5MND-C6-F2 -5/2-suuntaventtiilit, jotka varustetaan AN05-M5 -äänenvaimentimilla.

Pneumatiikkajärjestelmän letkuliittimiksi valittiin KQ2-sarjan pikaliittimet. Toimilaitteiden liittiminä on KQ2L06-01AS -kulmaliittimet ja suuntaventtiileiden liittiminä ovat KQ2L06-M5 -kulmaliitin ja KQ2Y06-M5 -haaroitusliitin. Paineilman syöttöletkun liittimenä on KQ2E06-00A -läpivientiliitin. Paineilmaletkuiksi valittiin kulutusta kestävää TUZ-sarjan letkua, tyypiltään TUZ0604.

### **6.3 Seinäkiinnitysjärjestelmä**

Seinäkiinnitysjärjestelmän magneeteiksi valittiin iGE:n tuotevalikoiman iGEM 5000F -sähkömagneetti ja Supermagneten GTN-25 -kestomagneetit. Sähkömagneetin ohjauskytkimenä on Bulginin MP0045/1D2 -painokytkin ja seinäkontaktin tunnistimena Omronin E2A-S08KN04-WP-B1 2M -induktiivinen lähestymistunnistin.

### **6.4 Laitteen muut komponentit**

Timmausmekanismin johteiksi valittiin Hiwinin EG-sarjan matalaprofiilliset kuulatyypiset lineaarijohteet. Johdekelkkojen ja -kiskojen tyypit ovat EGH20CA ja EGR20T.

Tartuntamekanismin läpän ja toimilaitteen kiinnikkeiden sekä laitteen energiansyöttökaapelin kiinnityskorvakkeen laakereiksi valittiin Nomon huoltovapaat PTFE-pinnoitetut liukulaakerit. Läpän kiertonivelen ja energiansyöttökorvakkeen laakereina ovat NB1F-1209 ja NB1F-1410 -laipalliset liukulaakerit. Toimilaitteen haarukkanivelen ja takakiinnikkeen laakerit ovat laipattomat ja tyypiltään NB1-1210 ja NB1-1208.

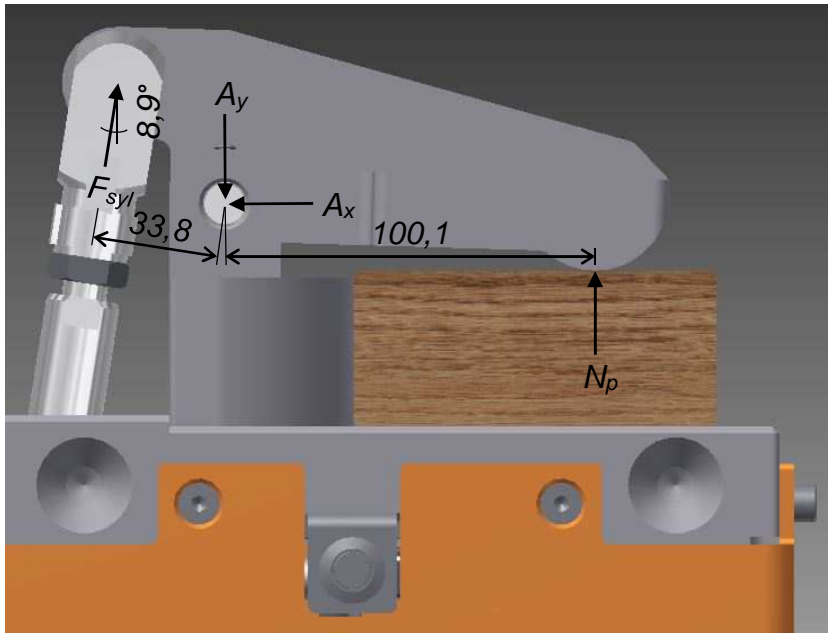
Laitteen virransyöttö- ja signaaliyhteyksien liittimiksi valittiin Phoenix Contactin metallirunkoiset, 12-paikkaiset liittimet. Liitinparin tyypit ovat 1413119 ja 1404410.

## 7 TARTUNTA- JA TIMMAUSVOIMAN MÄÄRITTÄMINEN

### 7.1 Tartuntavoima

Tartuntavoima pyrittiin mitoittamaan yhtä suureksi kuin se on nykyisessä tarttujassa. Seuraavassa tehdään voiman tarkistuslaskelmat, joiden perusteella tarkistetaan mekanismin laakereiden kuormitukset.

Kuvasta 11 nähdään mekanismiin vaikuttavat voimat tartunnan aikana. Kuvassa  $F_{syl}$  on toimilaitteen voima ja  $N_p$  on paarteen tukivoima, joka on itseisarvoltaan yhtä suuri kuin läpän puristusvoima, eli tartuntavoima.  $A_x$  ja  $A_y$  ovat läpän kiertonivelen tukivoimat. Kuvan tilanteessa paarteen koko on 42 mm x 98 mm.



KUVA 11. Tartuntamekanismiin vaikuttavat voimat

Tartuntavoiman ratkaisemiseksi muodostetaan kuvan voimien perusteella tasapainoyhtälöt. Valitaan momenttipisteeksi läpän kiertonivel, jolloin yhtälöiksi tulee

$$\rightarrow F_{syl} \cdot \sin 8,9^\circ - A_x = 0$$

$$\uparrow F_{syl} \cdot \cos 8,9^\circ - A_y + N_p = 0$$

$$\mathcal{O}_A - F_{syl} \cdot 33,8 \text{ mm} + N_p \cdot 100,1 \text{ mm} = 0.$$

Yhtälöiden ratkaisua varten tarvittava toimilaitteen voima lasketaan kaavalla 1 (3, s. 139).

$$F_{syl} = pA$$

KAAVA 1

$F_{syl}$  = sylinterin tuottama voima (N)

$p$  = käyttöpaine (Pa)

$A$  = männän työpinta-ala ( $m^2$ )

Männän työpinta-ala lasketaan kaavalla 2, kun toimilaitteen työliike tapahtuu plus-suuntaan (3, s. 20).

$$A = \frac{\pi D^2}{4}$$

KAAVA 2

$D$  = männän halkaisija (m)

Käytetään toimilaitteen voiman laskennassa sen käyttöpaineena 7,5 bar. Männän halkaisija on 50 mm (9, s. 1). Sijoitetaan pinta-alan lauseke ja lähtöarvot kaavaan 1, jolloin toimilaitteen voimaksi tulee

$$\Rightarrow F_{syl} = 0,75 \cdot 10^6 \text{ Pa} \cdot \frac{\pi \cdot (0,050 \text{ m})^2}{4} = 1\,472,6 \text{ N}.$$

Kun toimilaitteen voima tiedetään, saadaan tasapainoyhtälöistä ratkaistua loput tuntemattomat voimat:

$$\Rightarrow N_p = \frac{F_{syl} \cdot 33,8 \text{ mm}}{100,1 \text{ mm}} = \frac{1\,472,6 \text{ N} \cdot 33,8 \text{ mm}}{100,1 \text{ mm}} = 497,2 \text{ N}$$

$$\Rightarrow A_y = F_{syl} \cdot \cos 8,9^\circ + N_p = 1\,472,6 \text{ N} \cdot \cos 8,9^\circ + 497,2 \text{ N} = 1\,952,1 \text{ N}$$

$$\Rightarrow A_x = F_{syl} \cdot \sin 8,9^\circ = 1\,472,6 \text{ N} \cdot \sin 8,9^\circ = 227,8 \text{ N}.$$

42 mm paksulle paarteelle tartuntavoima on siis 497,2 N, kun ei huomioida mekanismin häviöitä. Nykyisessä tarttujassa voima on myös noin 500 N, joten edellä laskettu voima on tavoitteen mukainen. Tuloksen perusteella voidaan kaavalla 3 laskea paarretta kiinnipitävä kitkavoima (10, s. 193).

$$F_{\mu} = \mu N$$

KAAVA 3

$F_{\mu}$  = kitkavoima (N)

$\mu$  = kosketuspintojen välinen kitkakerroin

$N$  = kosketuspintojen välinen kohtisuora puristusvoima (N)

Koska läpän puristusvoima vaikuttaa paarteen molemmille puolille, täytyy kaavan 3 oikeanpuoleinen lauseke kertoa kahdella, jotta tuloksena saadaan kokonaiskitkavoima. Paarteen ja tartuntaosan kosketuspintojen välisenä lepokitkakertoimenä (puu – alumiini) voidaan käyttää 0,4 (11). Tällöin kitkavoimaksi tulee

$$\Rightarrow F_{\mu_{kok}} = 2 \cdot 0,4 \cdot 497,2 \text{ N} = 397,8 \text{ N}.$$

Kitkavoiman tarve on suurimmillaan silloin, kun laitteella tartutaan yläpaarteseen, koska tartunta tällöin on pelkästään kitkakiinnitteinen. Edellä laskettu voima riittää pitämään suurimmatkin paarteet tarttujassa hyvällä varmuudella.

### Laakereiden kuormitustarkastelu

Kuormitustarkastelulla varmistetaan, etteivät laakereiden kuormitukset nouse liian suuriksi, ja siten varmistetaan niiden normaali käyttöikä. Kuormitustarkastelua varten lasketaan kaavalla 4 liukulaakereissa käytön aikana esiintyvä pintapaine (12, s. 17).

$$p = \frac{F}{ld}$$

KAAVA 4

$p$  = pintapaine (N/mm<sup>2</sup>)

$F$  = laakeriin kohdistuva voima (N)

$l$  = laakerin leveys (mm)

$d$  = laakerin sisähalkaisija (mm)

Lasketaan ensin läpän kiertonivelen laakereiden tukivoimien resultantti kaavalla 5 (10, s. 189).

$$A_R = \sqrt{A_x^2 + A_y^2}$$

KAAVA 5

$$\Rightarrow A_R = \sqrt{(227,8 \text{ N})^2 + (1\,952,1 \text{ N})^2} = 1\,965,3 \text{ N}$$

Nivelpisteessä on kaksi laakeria, joten yhteen laakeriin kohdistuva voima on  $1\,965,3\text{ N} / 2 = 982,7\text{ N}$ . Laakerin leveys on 9 mm ja sisähalkaisija 12 mm (12, s. 6). Kaavalla 4 laakerin pintapaineeksi tulee

$$\Rightarrow p = \frac{982,7\text{ N}}{9\text{ mm} \cdot 12\text{ mm}} = 9,1\text{ N/mm}^2.$$

Toimilaitteen laakeroinnin osalta riittää, että pintapaine lasketaan haarukkanivelen laakerille, koska sen kuormituspinta-ala on takakiinnikkeen laakereiden yhteenlaskettua kuormitusalaa pienempi. Haarukkanivelen laakerin leveys on 10 mm ja sisähalkaisija 12 mm (12, s. 4). Tällöin sen pintapaineeksi tulee

$$\Rightarrow p = \frac{1\,472,6\text{ N}}{10\text{ mm} \cdot 12\text{ mm}} = 12,3\text{ N/mm}^2.$$

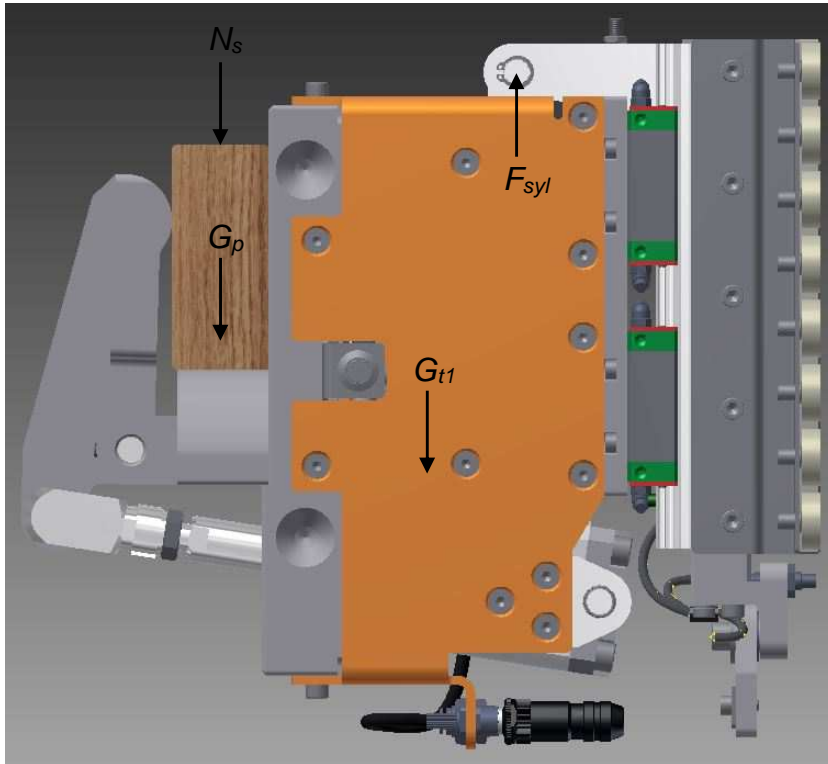
Valmistajan ilmoittama suurin sallittu pintapaine on  $140\text{ N/mm}^2$  (12, s. 16). Laakereiden todelliset pintapaineet jäävät siis huomattavasti tätä pienemmiksi. Valmistaja ilmoittaa laakereille myös suurimman sallitun liukumisnopeuden, joka on 5 m/s (12, s. 16). Todellisten liukumisnopeuksien voidaan arvioida jäävän murtoosaan tästä, eikä mekanismiin kohdistu kuormitusta liikkeiden aikana, joten liukumisnopeudet eivät ole kriittisiä laakereiden kestävyyskannalta.

## 7.2 Timmausvoima

Timmausvoima oli myös tarkoituksenaan mitoitettava yhtä suureksi kuin se on nykyisessä tarttujassa. Tarkistuslaskelmat tehdään timmausvoimankin osalta ja tuloksen perusteella tarkistetaan laitteen seinäkiinnityksen varmuus ja mekanismin johteiden kuormitukset.

Timmausvoiman suuruus riippuu liikesuunnasta ja paarteen massasta. Alapaarteen timmauksessa voima on pienimmillään, koska liikesuunta on vastakkainen painovoimaan nähden. Yläpaarteen timmausliike on puolestaan painovoiman suuntainen, ja voima on siten suurempi. Kuvassa 12 asiaa on havainnollistettu alapaarteen timmaustilanteessa.





KUVA 12. Timmausvoimaan vaikuttavat tekijät

Kuvassa  $N_s$  on ristikon sauvojen tukivoima, eli timmausvoima ja  $F_{syl}$  on toimilaitteen voima.  $G_{t1}$  ja  $G_p$  ovat tarttujan yläosan kokoonpanon ja paarteen painovoimat.

Timmausvoiman ratkaisua varten muodostetaan voimien tasapainoyhtälö. Alapaarteen timmauksessa yhtälöksi tulee

$$\uparrow -N_s - G_p - G_{t1} + F_{syl} = 0,$$

josta ratkaisemalla  $N_s$  saadaan

$$\Rightarrow N_s = F_{syl} - G_{t1} - G_p.$$

Yläpaarteen timmausvoiman laskentakaavaksi puolestaan tulee

$$\Rightarrow N_s = F_{syl} + G_{t1} + G_p.$$

Seuraavaksi lasketaan toimilaitteen voima kaavalla 1. Männän työpinta-ala lasketaan nyt kaavalla 6, koska työliike tapahtuu miinus-suuntaan (3, s. 20).

$$A = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4}$$

KAAVA 6

$D$  = männän halkaisija (m)

$d$  = männänvarren halkaisija (m)

Männän ja männänvarren halkaisijat ovat 63 mm ja 20 mm (9, s. 1, 7). Käyttöpaine on 7,5 bar. Yhdistetään kaavat 1 ja 6, ja sijoitetaan lähtöarvot, jolloin toimilaitteen voimaksi tulee

$$\Rightarrow F_{syl} = 0,75 \cdot 10^6 \text{ Pa} \cdot \frac{\pi \cdot ((0,063 \text{ m})^2 - (0,020 \text{ m})^2)}{4} = 2\,102,3 \text{ N}.$$

Tarttujan yläosan kokoonpanon massa on 11 kg, joten sen painovoima on  $11,0 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 = 107,9 \text{ N}$ . Kun paarteen massaa ei huomioida, saadaan alapaarteen timmausvoimaksi

$$\Rightarrow N_s = 2\,102,3 \text{ N} - 107,9 \text{ N} = 1\,994,4 \text{ N}.$$

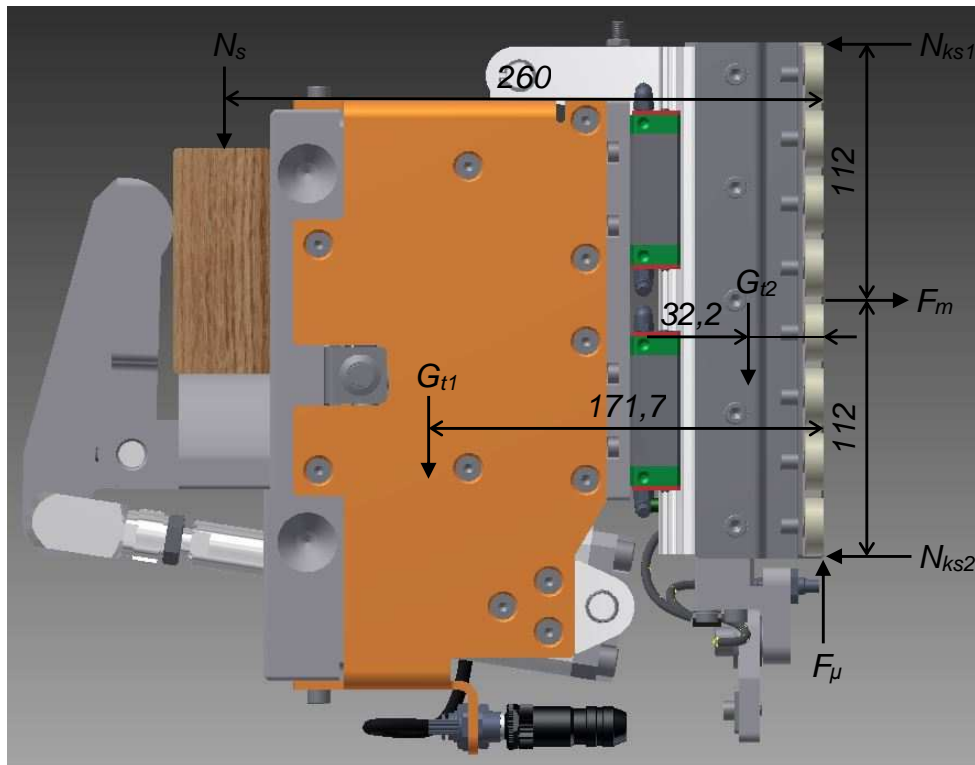
Yläpaarteen timmausvoimaksi puolestaan tulee

$$\Rightarrow N_s = 2\,102,3 \text{ N} + 107,9 \text{ N} = 2\,210,2 \text{ N}.$$

Nykyisen tarttujan timmausvoimat ovat vastaavasti laskettuna noin 1 790 N alapaarteelle ja noin 1 890 N yläpaarteelle. Edellä lasketut voimat ovat siis hieman näitä suuremmat, mutta sillä ei kuitenkaan ole negatiivista vaikutusta ristikon kokoonpanon kannalta.

### Seinäkiinnityksen varmuuden määrittäminen

Jotta tarttuja pysyy kokoonpanoseinällä, täytyy magneettien vetovoiman olla riittävä synnyttämään tarpeeksi suuri kitkavoima magneettien ja seinän välille. Lisäksi vetovoiman on pystyttävä kumoamaan laitteeseen kohdistuva momentti. Seinäkiinnityksen varmuutta tarkastellaan seuraavassa alapaarteen timmauksen aikana. Kuvasta 13 nähdään tilanteessa laitteeseen vaikuttavat voimat.



KUVA 13. Tarttujaan vaikuttavat voimat käytön aikana

Kuvassa  $G_{t2}$  on laitteen alaosan kokoonpanon painovoima,  $F_m$  on magneettien vetovoima ja  $F_\mu$  on magneettien ja seinän välinen kitkavoima.  $N_{ks1}$  ja  $N_{ks2}$  ovat seinän tukivoimat. Sauvojen tukivoiman vaikutussuoran etäisyys seinään on mitattu tartuntaosan vasteen keskilinjasta. Paarteen massaa ei tarvitse huomioida, koska sen painopiste osuu lähelle tätä linjaa.

Seinän tukivoimien ja kitkavoiman ratkaisemiseksi muodostetaan pystysuuntaisten voimien tasapainoyhtälö ja momenttiyhtälöt seinän molempien tukivoimien vaikutuspisteiden suhteen:

$$\uparrow -N_s - G_{t1} - G_{t2} + F_\mu = 0$$

$$\begin{aligned} \circlearrowleft_{N_{ks1}} \quad & N_s \cdot 260,0 \text{ mm} + G_{t1} \cdot 171,7 \text{ mm} + G_{t2} \cdot 32,2 \text{ mm} + F_m \cdot 112,0 \text{ mm} - \\ & N_{ks2} \cdot 224,0 \text{ mm} = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \circlearrowleft_{N_{ks2}} \quad & N_s \cdot 260,0 \text{ mm} + G_{t1} \cdot 171,7 \text{ mm} + G_{t2} \cdot 32,2 \text{ mm} - F_m \cdot 112,0 \text{ mm} + \\ & N_{ks1} \cdot 224,0 \text{ mm} = 0. \end{aligned}$$

Sähkömagneetin vetovoima on 7 500 N ja yhden kestopagneetin vetovoima on  $25 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 = 245,25 \text{ N}$  (13, s. 16; 14, s. 1). Kestomagneetteja on yhteensä 16 kappaletta, jolloin magneettien kokonaisvetovoima on  $7 500,0 \text{ N} + 16 \cdot 245,25 \text{ N} = 11 424,0 \text{ N}$ . Tarttujan alaosan kokoonpanon massa on 8,7 kg, jolloin sen painovoima on  $8,7 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 = 85,3 \text{ N}$ . Sijoitetaan nämä arvot momenttiyh-tälöihin ja ratkaistaan seinän tukivoimat:

$$\begin{aligned}\Rightarrow N_{ks1} &= \frac{-N_s \cdot 260,0 \text{ mm} - G_{t1} \cdot 171,7 \text{ mm} - G_{t2} \cdot 32,2 \text{ mm} + F_m \cdot 112,0 \text{ mm}}{224,0 \text{ mm}} = \\ &= \frac{-1 994,4 \text{ N} \cdot 260,0 \text{ mm} - 107,9 \text{ N} \cdot 171,7 \text{ mm} - 85,3 \text{ N} \cdot 32,2 \text{ mm} + 11 424,0 \text{ N} \cdot 112,0 \text{ mm}}{224,0 \text{ mm}} = \\ &= 3 302,1 \text{ N} \\ \Rightarrow N_{ks2} &= \frac{N_s \cdot 260,0 \text{ mm} + G_{t1} \cdot 171,7 \text{ mm} + G_{t2} \cdot 32,2 \text{ mm} + F_m \cdot 112,0 \text{ mm}}{224,0 \text{ mm}} = \\ &= \frac{1 994,4 \text{ N} \cdot 260,0 \text{ mm} + 107,9 \text{ N} \cdot 171,7 \text{ mm} + 85,3 \text{ N} \cdot 32,2 \text{ mm} + 11 424,0 \text{ N} \cdot 112,0 \text{ mm}}{224,0 \text{ mm}} = \\ &= 8 121,9 \text{ N}.\end{aligned}$$

Tukivoimien positiiviset arvot kertovat, ettei tarttujaan kohdistuva momentti riitä irrottamaan sitä kokoonpanoseinältä. Ratkaistaan seuraavaksi pienin tarvittava kitkavoima:

$$\Rightarrow F_\mu = N_s + G_{t1} + G_{t2} = 1 994,4 \text{ N} + 107,9 \text{ N} + 85,3 \text{ N} = 2 187,6 \text{ N}.$$

Todellinen kitkavoima saadaan laskettua kaavalla 3. Arvioidaan magneettien ja seinän väliseksi lepokitkakertoimeksi 0,5. Käytetään seinän normaalivoimana suurinta tukivoimaa. Tällöin kitkavoimaksi tulee

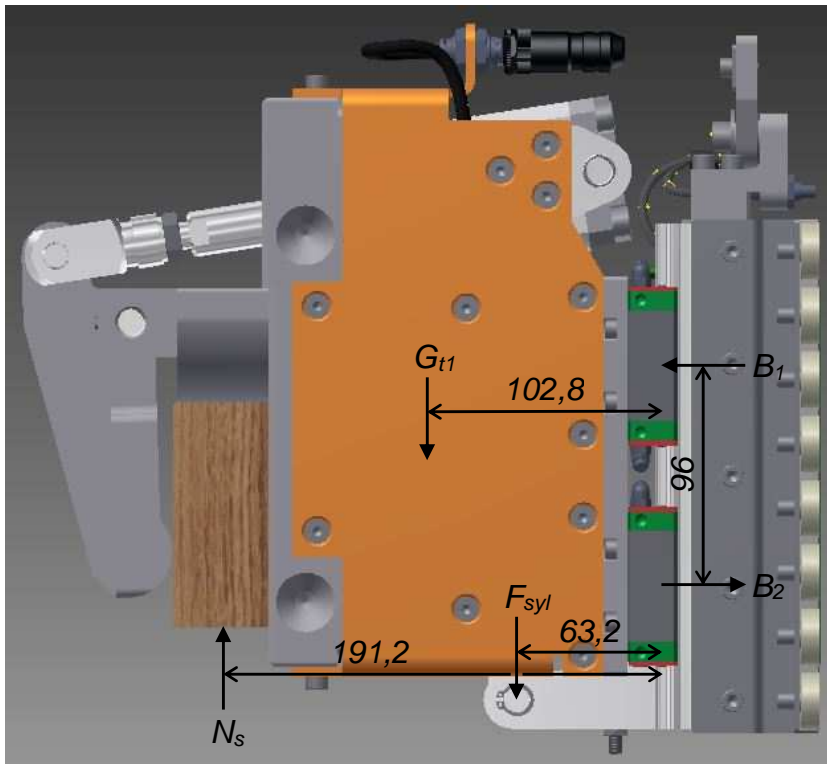
$$\Rightarrow F_{\mu_{tod}} = 0,5 \cdot 8 121,9 \text{ N} = 4 061,0 \text{ N}.$$

Todellinen kitkavoima on siis noin 1,9-kertainen pienimpään tarvittavaan kitkavoimaan nähden. Vaikka tulos perustuukin arvioon, koska todellista kitkakerrointa ei tiedetä, niin sen perusteella voidaan kuitenkin todeta, että varmuus tarttujan kiin-nipysymisen suhteen on riittävä.

### Johteiden kuormitustarkastelu

Kuormitustarkastelulla selvitetään johteisiin kohdistuvat kuormat ja varmistetaan, että ne ovat valmistajan suosittelemissa rajoissa. Kuormitustarkastelu tehdään yläpaarteen timmaustilanteessa, koska timmausvoima on tällöin suurempi.

Timmausliikkeestä aiheutuva momentti siirtyy veto- ja puristusvoimina johteisiin kuvan 14 mukaisesti. Johteiden tukivoimat ovat merkitty kuvaan  $B_1$ :llä ja  $B_2$ :lla. Muiden voimien etäisyydet ovat mitattu johteen keskilinjaan.



KUVA 14. Johdekuormiin vaikuttavat tekijät

Johdekuormien selvittämistä varten muodostetaan momenttiyhtälö toisen tukivoiman vaikutuspisteen suhteen. Valitaan momenttipisteeksi  $B_1$ :

$$\mathcal{O}_{B_1} - N_s \cdot 191,2 \text{ mm} + G_{t1} \cdot 102,8 \text{ mm} + F_{syl} \cdot 63,2 \text{ mm} + B_2 \cdot 96,0 \text{ mm} = 0.$$

Nyt ratkaistaan yhtälöstä  $B_2$ , ja sijoitetaan kaavaan lähtöarvot, jolloin tukivoimaksi tulee

$$\Rightarrow B_2 = \frac{N_s \cdot 191,2 \text{ mm} - G_{t1} \cdot 102,8 \text{ mm} - F_{syl} \cdot 63,2 \text{ mm}}{96,0 \text{ mm}} =$$

$$\frac{2\,210,2 \text{ N} \cdot 191,2 \text{ mm} - 107,9 \text{ N} \cdot 102,8 \text{ mm} - 2\,102,3 \text{ N} \cdot 63,2 \text{ mm}}{96,0 \text{ mm}} = 2\,902,4 \text{ N}.$$

Koska johteet ovat kahdessa rivissä, on kuorma yhtä johdekelkkaa kohden  $2\,902,4 \text{ N} / 2 = 1\,451,2 \text{ N}$ . Tämä on siis kuorma jokaista kelkkaa kohden, koska yhtä suuri itseisarvo saadaan voimalle  $B_1$ , kun momenttiyhtälö määritetään voiman  $B_2$  vaikutuspisteen suhteen.

Johteisiin kohdistuu kuormitusta myös silloin, kun tarttuja irrotetaan seinältä. Tällöin kuorman suuruus on kestopagneettien vetovoima, joka jakautuu johdekelkkojen kesken, eli  $16 \cdot 245,25 \text{ N} / 4 = 981,0 \text{ N}$ . Tämä voima jää siis momentista aiheutuvaa voimaa pienemmäksi.

Valmistajan ilmoittama suurin sallittu staattinen kuorma johdekelkkaa kohden on  $21,13 \text{ kN}$  (15, s. 54). Lisäksi, kun kuormitus on iskumaista, valmistaja suosittelee varmuuskerrointa 3–5 suurimpaan sallittuun kuormaan nähden (15, s. 3). Johteiden kuormitukset ovat siten sallituissa rajoissa, koska  $21,13 \text{ kN} / 1,45 \text{ kN} = 14,6 > 5$ .

## 8 YHTEENVETO

Opinnäytetyössä oli tehtävänä suunnitella kattoristikoiden kokoonpanolinjaan kuuluva paarretarttuja, jota käytetään linjan kokoonpanoseinällä asetteena ristikoiden paarteille kokoonpanon aikana. Suunnittelutyön lähtökohtana toimi nykyinen tarttuja, jolle kehitystavoitteiksi oli asetettu rakenteen kompaktisointi ja seinäkiinnityksen anturoinnin kehittäminen sekä pneumaattisten toimilaitteiden ohjausventtiilien integrointi laitteen kokoonpanoon (liite 1).

Kehitystavoitteiden toteuttamiseksi tarttujan rakenne ja mekaniikka jouduttiin suunnittelemaan kokonaisvaltaisesti uudelleen. Toisaalta suunnittelulle annettiin vapaudet tähän, eikä tarkoitukseen ollut välttämättä säilyttää piirteitä tai komponentteja nykyisestä tarttujasta, kunhan laite olisi yhteensopiva linjalla käytettäväksi. Haastetta suunnitteluun loivat etenkin tarttujan fyysiset kokorajoitteet, joiden vuoksi rakenteellisten muutosten tekeminen osoittautui vaikeaksi.

Tärkeimpänä kehitystavoitteena oli tarttujan rakenteen lyhentäminen, jonka tarkoituksena oli nopeuttaa kokoonpanoprosessin läpimenoaikaa. Haluttu muutos toteutettiin valitsemalla tartuntamekanismiin erityyppinen toimilaite ja sijoittamalla se kokoonpanoon pystysuuntaisesti. Muutoin mekanismin perusrakenne ja toimintaperiaate säilytettiin ennallaan, koska sillä saadaan halutunlaiset tartuntaominaisuudet. Suunnittelun yhteydessä tehtyjen alustavien simulaatioiden perusteella aikaansaatua rakenteellista muutosta nopeuttaisi prosessia, joten kehitystyötä voidaan tältä osin pitää onnistuneena.

Alkuperäisenä tarkoituksena oli suunnitella tarttujan rakenteesta myös aiempaa kapeampi, mutta työn edetessä kävi selväksi, ettei ideaa voitaisi toteuttaa komponenttien tilantarpeen vuoksi. Toisaalta rakenteen kaventaminen oli enemmänkin toissijainen tavoite, ja lähtökohtaisesti tiedettiin, ettei se ole ehkä mahdollista.

Nykyisessä tarttujassa seinäkiinnityksen tunnistaminen perustuu sähkömagneettin sisäiseltä reed-kytkimeltä saatuun tietoon. Tarttujan kehitysversioon lisätty lähestymistunnistin parantaa tunnistustekniikan luotettavuutta, kun tieto saadaan nyt myös seinäkontaktista.

Lisäksi tarttujan toimilaitteille valittiin uudet suuntaventtiilit, jotka integroitiin laitteen kokoonpanoon. Nykyisessä tarttujassa toimilaitteiden ohjauspaine tulee energiansyöttökaapelin kautta, joten muutoksen ansiosta toimilaitteiden pitäisi reagoida ohjaussignaaliin aiempaa nopeammin, kun letkupituudet ovat huomattavasti lyhempiä.

Laitteen tärkeimmät kehitystavoitteet onnistuttiin siis toteuttamaan ja suunnitelma hyväksyttiin myös tilaajan toimesta. Lopputuloksena saatiin siis toteutuskelpoinen suunnitelma tarttujan kehitysversiona, jonka prototyypin yritys voi myöhemmin valmistaa ja mahdollisesti ottaa sellaisenaan käyttöön kokoonpanolinjalla, mikäli testauksessa ei ilmene ongelmia.

Koko opinnäytetyötä ajatellen aikaa kului niin suunnittelutyöhön kuin raportointiinkin suunniteltua enemmän. Tästä huolimatta työ oli laajuudeltaan ja haastavuudeltaan sopiva sekä myös mielenkiintoinen.



## LÄHTEET

1. Autoprod Oy. 2012. Saatavissa: <http://www.autoprod.fi/~autoprod/index.php/fi>. Hakupäivä 22.7.2014.
2. Kuivanen, Risto 1999. Robotiikka. Helsinki: Talentum Oyj.
3. Ellman, Asko – Hautanen, Juha – Järvinen, Kari – Simpura, Antti 2002. Pneumatiikka. Helsinki: Edita Publishing Oy.
4. Vacuum Area Gripping Systems FXP and FMP. 2014. Schmalz Inc. Saatavissa: <http://us.schmalz.com/produkte/vakuumgreifsysteme/fxfxc/>. Hakupäivä 13.11.2014.
5. Magnetic grippers. Goudsmit Magnetic Systems BV. Saatavissa: <http://www.goudsmit-magnetics.nl/EN/Product/588/Magnetic-grippers?cat3=132&cat2=32>. Hakupäivä 13.11.2014.
6. Robotic Gripper Made from Coffee-Filled Balloon Picks Up Anything. 2010. IEEE Spectrum. Saatavissa: <http://spectrum.ieee.org/automaton/robotics/industrial-robots/universal-jamming-gripper>. Hakupäivä 13.11.2014.
7. 2-Finger Parallel Gripper JGP Stroke 2 Version. 2014. SCHUNK GmbH & Co. KG. Saatavissa: [http://www.us.schunk.com/schunk/schunk\\_websites/products/latest\\_products\\_detail.html?article\\_id=22832&country=USA&lngCode=EN&lngCode2=EN](http://www.us.schunk.com/schunk/schunk_websites/products/latest_products_detail.html?article_id=22832&country=USA&lngCode=EN&lngCode2=EN). Hakupäivä 13.11.2014.
8. Autoprod – Automated roof truss assembly. 2014. Autoprod Oy. Saatavissa: <http://www.youtube.com/watch?v=KFQA9bOAuwk#t=100>. Hakupäivä 9.9.2014.
9. Compact Cylinder – Series C55. Tuote-esite. SMC Corp. Saatavissa: [https://content2.smctech.com/pdf/C55-B\\_EU.pdf](https://content2.smctech.com/pdf/C55-B_EU.pdf). Hakupäivä 29.10.2014.
10. Valtanen, Esko 2010. Tekniikan taulukkokirja. 18. painos. Jyväskylä: Genesis-Kirjat Oy.

11. Coefficient of Friction. Engineer's Handbook. Saatavissa: <http://www.engineershandbook.com/Tables/frictioncoefficients.htm>. Hakupäivä 5.11.2014.
12. Glidlager. 2005. Tuoteluettelo. Nomo Kullager AB. Saatavissa: <http://www.nomo.se/pdf/NomoGlidlager.pdf>. Hakupäivä 30.10.2014.
13. Waterproof magnets and Shearlocks. Tuoteluettelo. iGE Security Ltd. Saatavissa: [http://ige.bussolabs.com/docs/IGE\\_Access\\_Control-2.pdf](http://ige.bussolabs.com/docs/IGE_Access_Control-2.pdf). Hakupäivä 6.11.2014.
14. Pot magnet – GTN-25. 2012. Datalehti. Supermagnete. Saatavissa: [http://www.supermagnete.de/eng/data\\_sheet\\_GTN-25.pdf](http://www.supermagnete.de/eng/data_sheet_GTN-25.pdf). Hakupäivä 6.11.2014.
15. Linear Guideway. 2011. Tuoteluettelo. Hiwin Technologies Corp. Saatavissa: [http://www.hiwin.com/pdf/lq/0809/Hiwin%20Linear%20Guideway%20Catalog\\_G99TE13-0809.pdf](http://www.hiwin.com/pdf/lq/0809/Hiwin%20Linear%20Guideway%20Catalog_G99TE13-0809.pdf). Hakupäivä 2.11.2014.



## LÄHTÖTIETOMUISTIO

Työn tiedot	Tekijä <sup>1</sup> Miika Knuutti [REDACTED]	Tilaaaja <sup>2</sup> Autoprod Oy
	Tilaaajan yhdyshenkilö ja yhteystiedot <sup>3</sup> Matti Ylitälo [REDACTED]	
	Työn nimi <sup>4</sup> <b>Paarretarttujen mekaniikan kehityssuunnittelu</b>	
	Työn kuvaus <sup>5</sup> Työssä suunnitellaan automatisoituun kattoristikon kokoamislinjaan kuuluva paarretarttuja. Suunnittelu tehdään kehitystyönä nykyisen tarttujan pohjalta.	
	Työn tavoitteet <sup>6</sup> Tavoitteena on ideoida ja suunnitella parannettu versio jo olemassa olevasta paarretarttujasta. Konkreettisina työn tavoitteina ovat tarttujan valmistuskuvat ja osalistaus.  Vaatimukset paarretarttujalle ovat nykyistä lyhyempi ja mahdollisesti kapeampi rakenne, seinätartunnan anturoinnin kehitys, pneumatiikan ohjausventtiileiden integrointi tarttujan sisään.	
	Tavoiteaikataulu <sup>7</sup> Työ olisi tarkoitus aloittaa tammikuussa 2014. Ideointi ja suunnittelutyö toteutetaan tammi-maaliskuussa. Työn dokumentointi sisältäen valmistuspiirustusten laatimisen toteutetaan maaliskuuhuhtikuussa. Tavoitteena on saada työ kokonaisuudessaan valmiiksi huhti-toukokuussa 2014.	
	Päiväys ja allekirjoitukset <sup>8</sup> 20/1/2014 Tekijän allekirjoitus [Signature]	20/1/2014 Tilaaajan allekirjoitus [Signature]

1. Tekijän nimi, puhelinnumero ja sähköpostiosoite.
2. Työn teettävän yrityksen virallinen nimi.
3. Sen henkilön nimi ja yhteystiedot, joka yrityksessä valvoo työn suoritusta.
4. Työn nimi voi olla tässä vaiheessa työnimi, jota myöhemmin tarkennetaan.
5. Työ kuvataan lyhyesti. Siinä esitetään muun muassa työn tausta, lähtötilanne ja työssä ratkaistavat ongelmat.
6. Esitetään lyhyesti ja selvästi työn tavoitteet.
7. Esitetään projektin tavoiteaikataulu. Silloin, kun työllä on välitavoitteita, myös ne merkitään aikatauluun. Tavoiteaikataulun ja oppilaitoksen yleisaikataulun perusteella tekijä laatii oman aikataulunsa.
8. Lähtötietomuuisto päivätään ja sen allekirjoittavat tekijä ja tilaaajan yhdyshenkilö.

Piirustusluettelo					
0105091	Paarretarttuja			A2 (1 : 2)	
	0106444	Paarretarttujan yläosan kokoonpano		A2 (1 : 2)	
		0106116	Rungon yläosa		A3 (1 : 1)
		0106136	Vasen sivupelti		A2 (1 : 2)
		0106139	Oikea sivupelti		A2 (1 : 2)
		0106140	Sylinterin korvake		A3 (2 : 1)
		0106149	Taso		A2 (1 : 2)
		0106210	Haarukkakytkin		A3 (2 : 1)
		0106225	Sylinterin laippakiinnike		A3 (2 : 1)
			0106207	Sylinterikiinnikkeen runko	
		0106226	Painikkeen kiinnitin		A3 (2 : 1)
		0106231	Läpän korvakko - vastin		A3 (1 : 1)
		0106247	Läppä		A3 (1 : 1)
		0106372	Sylinterin takakiinnike		A3 (2 : 1)
		0106820	Läpän akseli		A3 (2 : 1)
		0106821	Sylinterikiinnikkeen akseli		A3 (2 : 1)
		0106822	Haarukkakytkimen tappi		A3 (2 : 1)
		0106447	Paarretarttujan alaosan kokoonpano		A3 (1 : 2)
			0106047	Rungon alaosa	
	0106061		Magneettien kiinnitysalusta		A3 (1 : 1)
			0106059	Kiinnitysalusta	
	0106134		Timmausvastin		A3 (1 : 1)
	0106331		Kiinnike		A3 (2 : 1)
	0106335		Energiansyötön korvake		A3 (2 : 1)
	0106426		Aluslevy		A3 (5 : 1)